

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2004 (22.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/007920 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F01N 3/28,
B01D 53/94

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007178

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. Juli 2003 (04.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 32 698.3 15. Juli 2002 (15.07.2002) DE
102 48 508.9 11. Oktober 2002 (11.10.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): VOLKSWAGEN AKTIENGESellschaft
[DE/DE]; 38436 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POTT, Ekkehard
[DE/DE]; Westring 33, 38518 Gifhorn (DE). SPERLING,
Helmut [DE/DE]; Carl-Goerdeler-Ring 47, 38518 Gifhorn
(DE).

(74) Anwälte: SCHNEIDER, Henry usw.; GULDE HEN-
GELHAUPT ZIEBIG & SCHNEIDER, Schützenstrasse
15-17, 10117 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

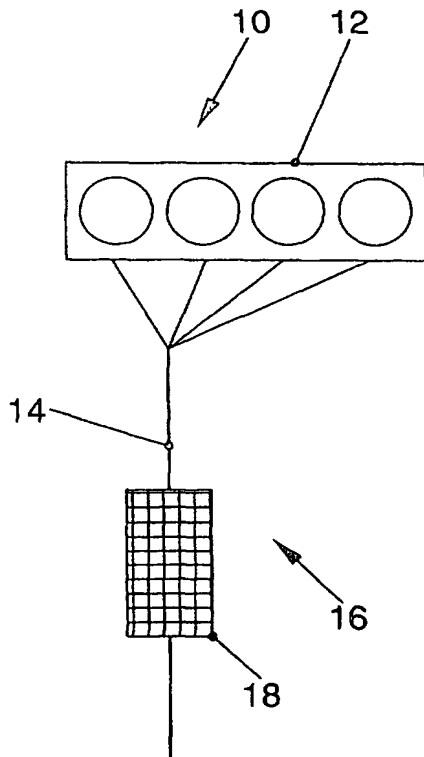
Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE INSTALLATION COMPRISING A DIRECT-INJECTION OTTO ENGINE
AND A CATALYST SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERBRENNUNGSMOTORANLAGE MIT DIREKTEINSPRITZENDEM OTTOMOTOR UND EINEM KA-
TALYSATORSYSTEM



(57) Abstract: The invention relates to an internal combustion engine (10) com-
prising a direct-injection otto engine (12) which does not have a stratified charge
capacity, or only to a small extent, and a catalyst system (16) which is arranged
downstream from the otto engine (12) and is provided with at least one catalyst
(18). According to the invention, the catalyst system (16) has a catalyst volume
(KV) of below 0.8 x engine capacity (VH) or of below 1.3 per 100 kW rated
engine power (PNENN), and the average specific precious metal load of the at
least one catalyst (18) of the catalyst system (16) is below 3.59 g/dm³, the entire
precious metal mass of the at least one catalyst (18) being below 2 g per litre of
engine capacity (VH) or below 3.5 g per 100 kW rated engine power (PNENN)
of the otto engine (12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Verbrennungsmotor-
anlage (10), die einen direkteinspritzenden Ottomotor (12), der nicht oder nur
zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor (12)
nachgeordnetes Katalysatorsystem (16), das mindestens einen Katalysator (18)
besitzt, aufweist. Es ist vorgesehen, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt
ein Katalysatorvolumen (KV) von unter 0,8 x Motorhubvolumen (VH) oder
von unter 1,3 pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist und dass
die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators
(18) des Katalysatorsystems (16) unter 3,59 g/dm³ liegt, wobei die gesamte
Edelmetallmasse des mindestens einen Katalysators (18) unter 2 g pro Liter
Motorhubraum (VH) oder unter 3,5 g pro 100 kW Nennleistung (PNENN) des
Ottomotors (12) liegt.



Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verbrennungsmotoranlage mit direkteinspritzendem Ottomotor und einem Katalysatorsystem

Die Erfindung betrifft eine Verbrennungsmotoranlage mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Zur Nachbehandlung von Abgasen von Verbrennungskraftmaschinen ist es allgemein üblich, das Abgas katalytisch zu reinigen. Dazu wird das Abgas über mindestens einen Katalysator geleitet, der eine Konvertierung einer oder mehrerer Schadstoffkomponenten des Abgases vornimmt. Es sind unterschiedliche Arten von Katalysatoren bekannt. Oxidationskatalysatoren fördern die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO), während Reduktionskatalysatoren eine Reduzierung von Stickoxiden (NO_x) des Abgases unterstützen. Ferner werden 3-Wege-Katalysatoren verwendet, um die Konvertierung der drei vorgenannten Komponenten (HC, CO, NO_x) gleichzeitig zu katalysieren. Die Verwendung eines 3-Wege-Katalysators ist jedoch nur möglich, wenn ein streng stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei $\lambda = 1$ vorliegt.

Bei Fahrzeugen mit direkteinspritzenden Ottomotoren, die auch geschichtet betrieben werden können, werden vergleichsweise großvolumige Katalysatorsysteme mit einem Katalysatorvolumen $KV > 0,9 \times \text{Motorhubvolumen } VH$ eingesetzt. Dies betrifft insbesondere Fahrzeuge, die im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) mit thermisch ungeschädigten Katalysatoren eine HC-Emission von $< 0,07 \text{ g/km}$ und eine NO_x -Emission von $< 0,05 \text{ g/km}$ erreichen.

Neben diesen direkteinspritzenden Ottomotoren, die bis zu einem effektiven Mitteldruck von etwa 3 bar sowie einer Drehzahl von etwa 3000 U/min im Schichtlademodus betrieben werden können, sind direkteinspritzende Ottomotoren bekannt, die nicht schichtladefähig sind oder nur in einem sehr eingeschränkten leerlaufnahen Bereich schichtladefähig sind (Alfa 2,0 JTS, The new Alfa Romeo 2 ltr JTS engine with Direct Gasoline Injection, 10. Aachener Fahrzeug- und Motorenkolloquium 2001). Auch diese Fahrzeuge und Motoren weisen analog zu schichtladefähigen direkteinspritzenden Ottomotoren relativ große Katalysatorvolumina auf.

Die großen Katalysatorvolumina bieten zwar einerseits eine hohe Emissionssicherheit, jedoch werden zur Herstellung der Katalysatoren bekanntermaßen Edelmetalle verwendet, so dass mit den großen Katalysatorvolumina nachteilhafterweise hohe Edelmetallkosten einhergehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Verbrennungsmotoranlage mit einem direkteinspritzenden Ottomotor und einem Katalysatorsystem zu schaffen, die im Vergleich zu Verbrennungsmotoranlagen nach dem Stand der Technik bei vergleichbarer niedriger Emission geringere Herstellungskosten hinsichtlich des Katalysatorsystems aufweist.

Diese Aufgabe wird durch eine Verbrennungsmotoranlage mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst.

Erfindungsgemäß ist eine Verbrennungsmotoranlage vorgesehen, die einen direkteinspritzenden Ottomotor, der nicht oder nur zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor nachgeordnetes Katalysatorsystem, das mindestens einen Katalysator besitzt, aufweist, bei der das Katalysatorsystem insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) von 0,8 bis 0,5 x Motorhubvolumen (VH) oder von 1,3 bis 0,7 l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist und bei der die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des oder der Katalysator/en des Katalysatorsystems unter $3,59 \text{ g/dm}^3$ (100 g/ft^3), vorzugsweise unter $2,87 \text{ g/dm}^3$ (80 g/ft^3), ideal unter $2,15 \text{ g/dm}^3$ (60 g/ft^3) liegt, wobei die gesamte Edelmetallmasse des oder der Katalysator/en unter 2 g, vorzugsweise unter 1,6 g, ideal unter 1,2 g, optimal unter 0,8 g pro Liter Motorhubraum (VH) oder unter 3,5 g, vorzugsweise unter 2,8 g, ideal unter 2,3 g, optimal unter 1,8 g pro 100 kW Nennleistung (PNENN) des Ottomotors liegt.

Trotz dieses geringen Katalysatorvolumens beziehungsweise dieser geringen Edelmetallbeladung werden mit der erfindungsgemäßen Verbrennungsmotoranlage die Emissionsgrenzwerte für EU IV erfüllt. Dies gilt insbesondere auch noch für gealterte Katalysatoren. Eine solche Alterung kann beispielsweise durch abwechselndes Beaufschlagen des Katalysators mit Abgasen aus einem mindestens 90%igen Vollastbetrieb und Schubabschaltung erreicht werden. Erfindungsgemäß wurden Untersuchungen mit gleichartigen Verbrennungsmotoranlagen vorgenommen, die sich hinsichtlich der Kraftstoffeinspritzung unterschieden. Zum einen wurden Messungen mit einem Saugrohreinspritzer, zum anderen Messungen mit direkteinspritzenden Ottomotoren vorgenommen. Dabei zeigte sich, dass die direkteinspritzenden Ottomotoren neben einer bis

zu 7 % höheren Nennleistung insbesondere geringere HC-Emissionen aufweisen konnten. Die geringeren HC-Emissionen wurden erreicht bei Vorliegen einer der nachfolgenden Spezifikationen:

- Die Einspritzdüse hat eine Einbaulage im Bereich -20° bis $+50^{\circ}$ bezogen auf den kreisförmigen Zylinderquerschnitt (negative Gradzahl entspricht Ausrichtung zum Zylinderkopf hin, 0° entspricht Ausrichtung parallel zum kreisförmigen Zylinderquerschnitt, positive Gradzahl entspricht Ausrichtung in Richtung Kurbelwelle).
- Die Mittellage des Einspritzstrahls am Injektoraustritt der Einspritzdüse hat einen Einspritzwinkel im Bereich -5° bis -45° oder 70° bis 90° bezogen auf den kreisförmigen Zylinderschnitt (Ausrichtung hier oben).
- Der Einspritzdruck beträgt mindestens 40 bar, vorzugsweise mindestens 60 bar. Vorzugsweise ist der maximale Einspritzdruck 2000 bar und insbesondere maximal 1000 bar.
- Der Einspritzbeginn erfolgt 330° bis 150° vor Zünd-OT, insbesondere 280° bis 250° vor Zünd-OT.

Mit diesen Spezifikationen wird einzeln oder auch in Kombination eine Einspritzung derart erreicht, dass der Kraftstoff genügend im Brennraum verteilt ist beziehungsweise nur geringe Wandfilmeffekte ausbildet. Hierdurch wird gegenüber dem Saugrohreinspritzer bei gleichartigem Katalysator auch nach Alterung des Katalysators eine bis zu 50 % geringere Emissionen, insbesondere bei HC-Emissionen, erreicht. Damit wird es möglich, direkteinspritzende Ottomotoren, insbesondere, wenn sie mindestens eine der obigen Spezifikationen erfüllen, mit den erfindungsgemäßen Katalysatorvolumen - beziehungsweise Katalysatoredelmetallbeladungsspezifikationen - zu versehen, wobei dennoch auch nach einer vorgeschriebenen Alterung im NEFZ die EU IV-Norm erfüllt wird.

Bevorzugt wird erfindungsgemäß ein Katalysatorvolumen (KV) $< 0,7$ und insbesondere $< 0,6$ x Motorhubvolumen (VH). Bei Bestimmung des Katalysatorvolumens (KV) über die Motornennleistung (PNENN) wird ein Katalysatorvolumen (KV) von $< 1,15$ l, insbesondere von $< 1,00$ l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN), bevorzugt, wobei ein Katalysatorvolumen (KV) von $< 0,85$ l pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) optimal ist.

Die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des oder der Katalysator/en des Katalysatorsystems beträgt vorzugsweise $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$ (80 g/ft^3). Bei Vorhandensein von mindestens einem Vorkatalysator kann der/die Vorkatalysator/en eine um bis zu 70 %, vorzugsweise bis zu 50 %, optimal bis zu 30 %, höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweisen als der/die Hauptkatalysator/en. Wobei vorzugsweise die gesamte Edelmetallmasse des Abgasreinigungssystems bevorzugt bei $< 1,7 \text{ Gramm}$, besonders bevorzugt bei $< 1,4 \text{ Gramm}$, optimal bei $< 1,2 \text{ Gramm}$, perfekt bei $< 1,0 \text{ Gramm}$, pro Liter Motorhubraum VH oder bevorzugt bei $< 3 \text{ Gramm}$, insbesondere bei $< 2,5 \text{ Gramm}$, optimal bei $< 2,2 \text{ Gramm}$, perfekt bei $< 2 \text{ Gramm}$, pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors liegt.

Der direkteinspritzende Ottomotor ist in $< 7 \%$, insbesondere in $< 5 \%$, vorzugsweise in $< 3 \%$, optimal in 0% , aller Betriebspunkte schichtladefähig. Bei dem Ottomotor handelt es sich bevorzugt um einen freisaugenden Motor.

Bei der Ausgestaltung des Katalysatorsystem sind vielfältige Variationen möglich. So kann ein einzelner Katalysator, mindestens zwei parallel angeordnete Katalysatoren, ein Hauptkatalysator mit mindestens zwei parallel angeordneten Vorkatalysatoren und parallel angeordnete Vorkatalysatoren mit parallel angeordneten Hauptkatalysatoren verwendet werden.

Bei Verwendung eines einzigen stromab des Ottomotors angeordneten Katalysators ist dieser vorzugsweise $< 800 \text{ mm}$, insbesondere $< 500 \text{ mm}$, optimal $< 300 \text{ mm}$ Abgaslauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors entfernt. Das Katalysatorsystem kann aber auch zumindest zwei parallel geschaltete Katalysatoren aufweisen, welche jeweils $< 800 \text{ mm}$, bevorzugt $< 500 \text{ mm}$, optimal $< 300 \text{ mm}$ Abgaslauflänge hinter dem jeweils nächstgelegenen Auslassventil angeordnet sind.

Bei einer anderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verbrennungsmotoranlage weist das Katalysatorsystem einen Vorkatalysator und einen nachgeschalteten Hauptkatalysator auf, der vorzugsweise vom Vorkatalysator $> 100 \text{ mm}$ beabstandet ist. Der Vorkatalysator ist vorzugsweise, analog zur Ausführungsform mit einem einzigen Katalysator, $< 800 \text{ mm}$, bevorzugt $< 500 \text{ mm}$ Abgaslauflänge hinter dem nächstgelegenen Auslassventil angeordnet. Dabei weist der Vorkatalysator ein Volumen von maximal 70 %, vorzugsweise maximal 50 %, ideal maximal 30 % des nachgeschalteten Hauptkatalysators auf.

Erfindungsgemäß möglich ist auch eine Anordnung mit zumindest zwei parallel geschalteten Vorkatalysatoren, welche jeweils < 800 mm, bevorzugt < 500 mm, ideal 350 mm Abgasauflänge hinter dem jeweils nächstgelegenen Auslassventil angeordnet sind, und zumindest einem diesen Vorkatalysatoren nachgeschalteten Hauptkatalysator. Dabei weisen die Vorkatalysatoren zusammen ein Volumen von maximal 70% , bevorzugt maximal 50% , des oder der nachgeschalteten Hauptkatalysator/en auf.

Bei Verwendung eines einzigen Katalysators oder bei Vorliegen von Vor- und Hauptkatalysatoren basieren der einzige Katalysator und der beziehungsweise die Hauptkatalysatoren vorzugsweise auf einem keramischen Träger. Dieser keramische Träger weist bevorzugt eine Zelldichte von > 500 cpsi auf und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in mil=tausendstel Zoll) liegt bei unter 2700 , entsprechend $0,1063$ bei Umrechnung der Zelldichte auf Quadratmillimeter und der Zellwandstärke auf Millimeter.

Der oder die Vorkatalysatoren können alternativ einen Träger auf Metallfolienbasis aufweisen. Dieser weist bevorzugterweise eine Zelldichte von > 500 cpsi auf und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in my=tausendstel Millimeter) liegt bei unter 30000 , bevorzugt unter 20000 , entsprechend $< 46,5$, bevorzugt < 31 bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter.

Die erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage mit thermisch ungeschädigtem Abgasreinigungssystem gewährleistet trotz wesentlicher Reduzierung der Edelmetallkosten für das Katalysatorsystem vorteilhafterweise eine Emissionssicherheit nach dem Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ).

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit einem Katalysator;

Figur 2 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit einem Vorkatalysator und einem Hauptkatalysator;

Figur 3 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit zwei Vorkatalysatoren und einem Hauptkatalysator und

Figur 4 in einer schematischen Darstellung die Verbrennungsmotoranlage mit zwei Vorkatalysatoren und jeweils einem nachgeordnetem Hauptkatalysator.

Die Figuren 1 bis 4 stellen jeweils eine erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage 10 dar, die einen Ottomotor 12 mit nachgeordneter Abgasanlage 14 aufweist, wobei in der Abgasanlage 14 jeweils mindestens ein Katalysator zur Ausbildung eines Katalysatorsystems 16 befindlich ist.

Figur 1 zeigt eine Verbrennungsmotoranlage 10, die über einen einzigen motornahen Katalysator 18 verfügt, der optimalerweise < 300 mm Abgaslauflänge vom nächstgelegenen, nicht näher dargestellten Auslassventil des Ottomotors 12 angeordnet ist. Eine Verbrennungsmotoranlage 10, die über einen Vorkatalysator 20 und einen nachgeordneten Hauptkatalysator 22 verfügt, die mindestens 100 mm voneinander beabstandet sind, ist in Figur 2 dargestellt. Die Abgaslauflänge zum Vorkatalysator 20 vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors 12 wird äquivalent zur Ausführungsform gemäß Figur 1 gewählt. Bei der Ausführungsform der Verbrennungsmotoranlage 10 gemäß Figur 3 sind zwei Vorkatalysatoren 20 vorgesehen, die unterschiedlichen Zylindern des Ottomotors 12 zugeordnet sind. Beiden Vorkatalysatoren 20 ist gemeinsam ein Hauptkatalysator 22 nachgeordnet. Hingegen zeigt Figur 4 eine Ausführungsform der Verbrennungsmotoranlage 10, die analog zu Figur 3 zwei Vorkatalysatoren 20 aufweist, denen jedoch jeweils ein Hauptkatalysator 22 nachgeordnet ist, wobei die beiden Stränge 24, 26 der Abgasanlage 14 hinter den Hauptkatalysatoren 22 zusammengeführt werden. Die Abgaslauflängen und die Abstände der Vorkatalysatoren 20 zu den Hauptkatalysatoren werden, wie bei den anderen Ausführungsformen beschrieben, gewählt.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 10 Verbrennungsmotoranlage
- 12 Ottomotor
- 14 Abgasanlage
- 16 Katalysatorsystem
- 18 Katalysator
- 20 Vorkatalysator
- 22 Hauptkatalysator
- 24 Strang der Abgasanlage
- 26 Strang der Abgasanlage

PATENTANSPRÜCHE

1. Verbrennungsmotoranlage (10), die einen direkteinspritzenden Ottomotor (12), der nicht oder nur zu einem geringen Anteil schichtladefähig ist, und ein dem Ottomotor (12) nachgeordnetes Katalysatorsystem (16), das mindestens einen Katalysator (18) besitzt, aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) von unter $0,8 \times$ Motorhubvolumen (VH) oder von unter $1,3$ pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist und dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16) unter $3,59 \text{ g/dm}^3$ liegt, wobei die gesamte Edelmetallmasse des mindestens einen Katalysators (18) unter 2 g pro Liter Motorhubraum (VH) oder unter $3,5 \text{ g}$ pro 100 kW Nennleistung (PNENN) des Ottomotors (12) liegt.
2. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) $< 0,7 \times$ Motorhubvolumen (VH) aufweist.
3. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) insgesamt ein Katalysatorvolumen (KV) $< 0,6 \times$ Motorhubvolumen (VH) aufweist.
4. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von $< 1,15 \text{ l}$ pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist.
5. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von $< 1,00 \text{ l}$ pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist.
6. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) ein Katalysatorvolumen (KV) von $< 0,85 \text{ l}$ pro 100 kW Motornennleistung (PNENN) aufweist.
7. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Katalysatorsystem (16) aus mindestens zwei parallel

angeordnete Katalysatoren (18) oder einem Hauptkatalysator (22) mit mindestens zwei parallel angeordneten Vorkatalysatoren (20) oder mindestens zwei parallel angeordneten Hauptkatalysatoren (22) mit jeweils zumindest einem Vorkatalysatoren (20) besteht.

8. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16) $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$ beträgt.
9. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mittlere spezifische Edelmetallbeladung des mindestens einen Katalysators (18) des Katalysatorsystems (16) $\leq 2,15 \text{ g/dm}^3$ beträgt.
10. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 70 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
11. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 50 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
12. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Vorkatalysator/en (20) eine um bis zu 30 % höhere spezifische Edelmetallbeladung aufweist als der oder die Hauptkatalysator/en (22).
13. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 1,6 \text{ g}$ pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
14. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 1,2 \text{ g}$ pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
15. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 1,0 \text{ g}$ pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.

16. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 0,8$ g pro Liter Motorhubraum (VH) des Ottomotors (12) liegt.
17. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei < 3 g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
18. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 2,5$ g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
19. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 2,1$ g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
20. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gesamte Edelmetallmasse des Katalysatorsystems (16) bei $< 1,7$ g pro 100 kW Nennleistung des Ottomotors (12) liegt.
21. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20) < 800 mm Abgaslauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
22. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20) < 500 mm Abgaslauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
23. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Vorkatalysator (20) < 300 mm Abgaslauflänge vom nächstgelegenen Auslassventil des Ottomotors (12) entfernt sind.
24. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) und der mindestens

eine nachgeschaltete Hauptkatalysator (22) zueinander einen Abstand von > 100 mm aufweisen.

25. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 70 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
26. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 50 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
27. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) ein Volumen von maximal 30 % des mindestens einen nachgeschalteten Hauptkatalysators (22) aufweist.
28. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der oder die Katalysatoren des Katalysatorsystems (16) auf einem keramischen Träger basieren.
29. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Katalysator (18) oder der mindestens eine Hauptkatalysator (22) auf einem keramischen Träger basieren.
30. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 28 oder 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass der beziehungsweise die auf einem keramischen Träger basierenden Katalysator/en (18) oder Hauptkatalysatoren (22) eine Zelldichte von > 500 cpsi aufweisen und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in mil=tausendstel Zoll) bei unter 2700 liegt, entsprechend 0,1063 bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter und Zellwandstärken in Millimeter.
31. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 7 bis 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) einen Träger auf Metallfolienbasis aufweist.
32. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Vorkatalysator (20) eine Zelldichte von > 500 cpsi aufweist und das Produkt aus Zelldichte (in cpsi=Zellen pro Quadratzoll) und Zellwandstärke (in

my=tausendstel Millimeter) bei unter 30000 liegt, bevorzugt unter 20000 liegt, entsprechend unter 46,5, bevorzugt unter 31 bei Angabe der Zelldichte in Zellen pro Quadratmillimeter.

33. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in $< 7\%$ aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
34. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in $< 5\%$ aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
35. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) in $< 3\%$ aller Betriebspunkte schichtladefähig ist.
36. Verbrennungsmotoranlage nach einem der Ansprüche 1 bis 32, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ottomotor (12) freisaugend ist.

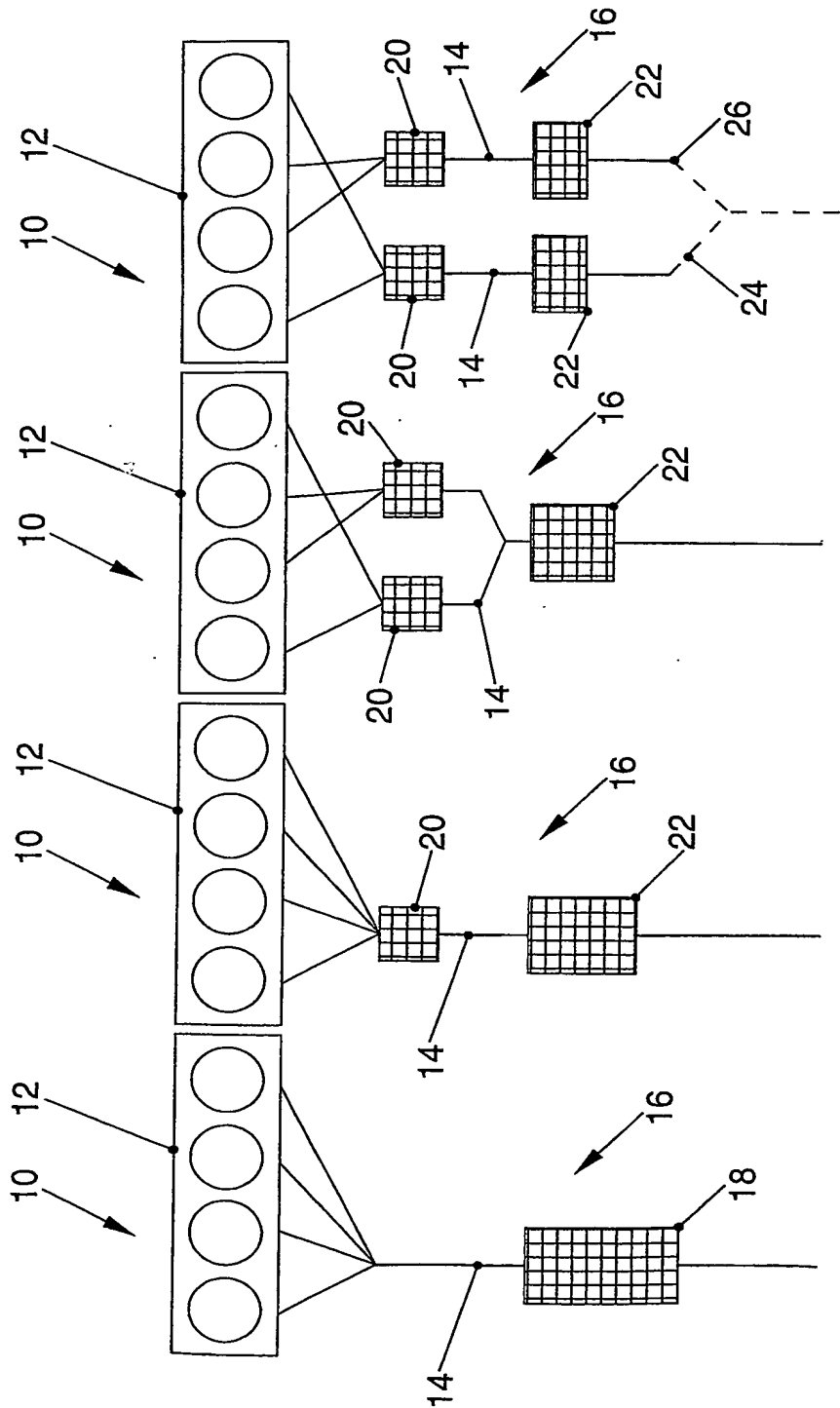


FIG. 1

FIG. 2

FIG. 3

FIG. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/07178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 F01N3/28 B01D53/94

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 123 729 A (VOLKSWAGENWERK AG) 16 August 2001 (2001-08-16) claims; figure	1
A	ANDRIESSE, D. ET AL.: "The New Alfa-Romeo 2 Litre JTI Engine with Direct Gasoline Injection" 10. AACHENER KOLLOQUIUM FAHRZEUG- UND MOTORTECHNIK 2001, vol. 2, 8 - 10 October 2001, pages 753-772, XP002257837 Aachen, DE cited in the application	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 October 2003

Date of mailing of the international search report

28/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Sideris, M

INTERNAL SECURITY - RUSSIA

Publication date

20-12-2001
16-08-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07178

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F01N3/28 B01D53/94

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 123 729 A (VOLKSWAGENWERK AG) 16. August 2001 (2001-08-16) Ansprüche; Abbildung	1
A	ANDRIESSE, D. ET AL.: "The New Alfa-Romeo 2 Litre JTI Engine with Direct Gasoline Injection" 10. AACHENER KOLLOQUIUM FAHRZEUG- UND MOTORTECHNIK 2001, Bd. 2, 8. - 10. Oktober 2001, Seiten 753-772, XP002257837 Aachen, DE in der Anmeldung erwähnt	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

15. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Sideris, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07178

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1123729	A	16-08-2001	DE	10005714 A1	20-12-2001
			EP	1123729 A2	16-08-2001